

**QUANTITATIVE STIMMFELDMESSUNG BEI
SOLISTISCHEN KNABENSTIMMEN
(TÖLZER KNABENCHOR)**

JULIA HOLTSMANN

1986

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und
Ohrenkranke der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. Ernst Kastenbauer

Quantitative Stimmfeldmessung bei
solistischen Knabenstimmen
(Tölzer Knabenchor)

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Julia Holtmann

aus

München

1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Frank Martin

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Ernst Kastenbauer

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Priv.-Doz. Dr. F. Klingholz

Dekan: Prof. Dr. med. Wolfgang Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 28.10.1986

In Dankbarkeit meinen Eltern gewidmet

GLIEDERUNG

	Seite
I. Einleitung	1
II. Methode	7
1. Probanden	7
2. Versuchsablauf	7
3. Auswertung	8
III. Ergebnisse	9
1. Abbildungen	10
2. Beschreibung	28
IV. Diskussion	35
1. des Versuchsablaufes	35
2. der Auswertung	37
3. der Ergebnisse im Vergleich zur Literatur	38
4. der Ergebnisse im allgemeinen	40
V. Zusammenfassung	43
VI. Literaturverzeichnis	45

I. EINLEITUNG

Die Phoniatrie befaßt sich mit Stimme und Sprache und im eigentlichen Sinne des Wortes mit ihren Störungen (griechisch: phone=Stimme; iatraia=Heilung). So wie auf der einen Seite das äußerst komplizierte Stimmorgan, der Kehlkopf, entsprechend seinem diffizilen Aufbau anfällig für viele Krankheiten und Störungen ist (34,51), so ist es doch auf der anderen Seite durch Training und natürliche Veranlagung zu außerordentlichen Leistungen im Stande.

Die Physiologie des Kehlkopfes ist zwar ein schon weitgehend erforschtes Gebiet; jedoch gibt es hier noch immer umstrittene Diskussionspunkte, die nicht restlos geklärt sind. Man denke nur an das immer wieder diskutierte Phänomen der Register und die sich bei ihrer Einstellung abspielenden laryngealen Muskelaktionen (1,2,7,10, 19,20,25,26,27,30,32,34,40,43).

Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang der Einfluß des Ansatzrohres auf Stärke und Klangfarbe der menschlichen Stimme. Somit haben pathologische Prozesse in Mund- und Rachenhöhle, Nasenrachenraum, Nasenhaupt- und Nasennebenhöhlen, kurz aller lufthaltigen Räume oberhalb der Glottis, ebenfalls Relevanz für die Phoniatrie.

Auf der anderen Seite ist das Ansatzrohr für besondere stimmliche und sängerische Leistungen verantwortlich. Das betrifft u.a. den Vokalausgleich, das offene und gedeckte Singen und die Nasalität (32,48). Es sind dies alles Phänomene, die nicht etwa die Höhe des "primären Kehlkopftones" verändern, sondern lediglich durch Formänderung der Resonanzräume die Klangfarbe beeinflussen (32).

Im Gegensatz zu dem hauptsächlich die Klangfarbe bestimmenden Ansatzrohr steht die laryngeale Leistungsfähigkeit.

Um die rein laryngeale Leistungsfähigkeit einer kranken, gesunden oder auch ausgebildeten Stimme darzustellen, bietet sich das Stimmfeld im Gegensatz zu allen anderen technischen Verfahren (Übersichten z.B. bei Schulz-Coulon (35), Hirano (16)) als schnell und einfach durchzuführendes Untersuchungsverfahren an. Über sukzessiven Werten der Grundfrequenz von der unteren bis zur oberen Grenze des Stimmumfangs auf der x-Achse werden die dazugehörigen minimalen und maximalen Schalldruckwerte auf der y-Achse aufgetragen. Auf diese Art erhält man eine übersichtliche Graphik, aus der man Grenzleistungen in Bezug auf Frequenz und Dynamik - also zweier wesentlicher Stimmparameter - beurteilen kann. Auch die Registerbrüche spiegeln sich in der "For-te-Kurve" als Senken und in der "Piano-Kurve" als Gipfel wieder.

In der Gesangspädagogik wurden dagegen bislang die Register im allgemeinen mehr nach auditiven psychoakustischen Eindrücken gegeneinander abgegrenzt.

Nadoleczny stellte erstmals 1923 und 1925 5 Kriterien auf, mit denen er Brust-, Mittel- und Kopfreister charakterisierte und die Klingholz, Martin und Jolk 1985 wie folgt zusammenfaßten:

Merkmale, die sich zwischen den Registern unterscheiden:

- * Kehlkopfeinstellung (vertikale Position, Stimm lippenlänge, Form des supraglottalen Sphincters usw.)
- * Schwingungsform der Stimm lippen (Glottisschluß, Randkantenverschiebung usw.)

- * Aerodynamik des Stimmapparates (subglottischer Druck, Luftstromrate)
- * Stimmklang (Oberwellenspektrum)
- * subjektive Empfindung des Sängers (propriozeptive Erregungsmuster)

Zum Auffinden der Registergrenzen sind die auf diesen Registermerkmalen basierenden Methoden jedoch nicht praktikabel (22).

Da die Register primär durch verschiedene Konstellationen der muskulären Aktivität in verschiedenen Bereichen des Stimmumfanges bedingt sind, eignet sich gerade das Stimmfeld, welches ja die laryngealen Größen Lautstärke und Tonhöhe bei Grenzleistungen erfaßt, vorzüglich zur Registerbruchdarstellung.

Die gleichzeitige Registrierung von Tonhöhe und Stimmin-tensität wird schon seit 1948 unter vielfachen Bezeichnungen und in immer wieder abgewandelter Form durchgeführt (28).

Nachdem R. Luchsinger 1948 auf die vereinfachte graphische Darstellung durch ein Stimmfeld hingewiesen hatte, führten Calvet und Calvet und Malhiac 1952 dann erstmals systematische apparative Untersuchungen dieser Art durch und nannten ihre Ergebnisse "Courbes vocales", Stimmkurven. Die Autoren gaben die Töne vor, lasen die minimalen und maximalen Lautstärkewerte von einem "Phon-meter" ab und trugen sie in ein Koordinatensystem ein, wobei auf der x-Achse die Tonhöhen sowohl in Hertz als auch in musikalischen Bezeichnungen angegeben wurden und auf der y-Achse die Lautstärken in Phon (4,5).

1954 maß Vogelsanger die Dynamik als erster nicht mehr in Phon, sondern in Dezibel ab, führte sonst aber die Messungen nach dem gleichen Prinzip wie seine Vorgänger durch und nannte sie "Schallstärkekurven" (46).

Andere Autoren wie Waar und Damsté (1968), Damsté (1970) und Schutte (1975) erkannten den Wert solcher Untersuchungen auch für die phoniatische Praxis. So veröffentlichte 1970 Damsté die erste ausführliche Beschreibung des "Phonetogramms", wobei er auf der Abszisse eine musikalische Einteilung von c_1 - c^4 und auf der Ordinate eine Schalldruckskala zwischen 40 und 110 dB verwendete. Er wies besonders darauf hin, daß das Verfahren nicht nur zur Beurteilung von Sängerstimmen, sondern auch von Stimmgestörten und deren Therapieverlauf angewendet werden kann (6,36,47).

A. Rauhut et al. vereinfachten die Methode, indem sie Tonhöhen- und Dynamikumfang halbautomatisch registrierten. Mit Hilfe einer elektronischen Orgel bestimmten sie die x-Position eines x-y-Rekorders. Anschließend sang der Proband den vorgegebenen Ton in unterschiedlichen Intensitäten, wobei y positioniert wurde (33).

Von einer Reihe anderer Autoren (M. Gross 1981, H.L.Giger, E. Lang) als objektives Testverfahren der phoniatischen Diagnostik bei Eignungstests, zur Dokumentation von Stimmstörungen, für Begutachtungsfälle und Verlaufskontrolle von Stimmtherapie und Gesangsausbildung erprobt, wurde diese Methode auf Empfehlung der "Union of European Phoniaticians" (UEP) 1982 standardisiert (11,12,13,38).

G. Bloothofft, A. Sonninen und J. Leghtonen verfeinerten die Methode mit einem Minicomputer (3,41,42). Vollautomatisch bildet dieser den gesungenen Ton - und zwar

simultan die Frequenz in Hertz mit einer Genauigkeit von Vierteltönen und den Schalldruckpegel in dB - 20 Mal in der Sekunde als Graphik auf einem Bildschirm ab, was dem Probanden ein visuelles Feedback seines gesungenen Tones erlaubte (3,42).

Verschiedene Autoren ergänzten das Stimmfeld mit weiteren akustischen Größen, z.B. Seidner mit gleichzeitiger Registrierung des hohen Sängerformanten oder Heinemann und Gabriel mit Eintrag einer Heiserkeitsbewertung, um neben der Leistungsfähigkeit des Kehlkopfes Aussagen über die klangliche Qualität der Stimme machen zu können (15,39,44).

Bislang wurde das Stimmfeld, so wie es seit 1959 durchgeführt wird, lediglich qualitativ beschrieben und interpretiert.

Von F. Klingholz und F. Martin wird 1983 erstmals eine Methode der quantitativen Stimmfeldauswertung angegeben (21), wobei durch die erhaltenen Meßpunkte des Stimmfeldes Kurven 2. Ordnung in Form von Ellipsen gelegt werden, die im unteren Bereich des Stimmumfanges dem Brust- und im oberen Bereich dem Kopfregeister zugeordnet werden. Dabei wird die erste, ungefähre Lage der Ellipsen von Hand bestimmt, die erst in einem zweiten Schritt von einer Rechenanlage präzisiert wird, so daß die mittlere quadratische Abweichung zwischen Meß- und Näherungswerten ein Minimum annimmt. Mit den erhaltenen Parametern - Umfang, maximale Dynamik, Anstiege der großen Ellipsenhauptachsen und Registerbruchstellen - wird jede Ellipse und somit auch ihre physiologische Bedeutung - nämlich jedes Register für sich - quantitativ beschrieben (s. Abb. S. 24, 25). Da mit dieser Methode die laryngealen physiologischen Mechanismen dargestellt werden sollen, verwenden Klingholz und Martin auf der

x-Achse nicht die logarithmische Darstellung, die sich ja nach der subjektiv-psychoakustischen Hörweise des menschlichen Gehörs richtet, sondern verwenden bewußt die dezimale physikalische (s. Abb. S. 25).

Nach Klingholz und Martin versuchte Komiyama ebenfalls, das Stimmfeld quantitativ auszuwerten (23,24), indem er einen quantitativen Parameter S bestimmte, der die Fläche des Stimmfeldes darstellt; er nannte diesen Parameter "effectiv vocal volume".

Diese Größe ist allerdings mehrdeutig, da sich der gleiche Wert des effectiv vocal volume für die Konstellationen geringer Stimmumfang mit großer Dynamik, bzw. großer Stimmumfang mit geringer Dynamik, ergeben kann.

Nachdem die Methode von Klingholz und Martin bisher auf eine begrenzte Anzahl von sowohl stimmkranken als auch stimmgesunden und trainierten Erwachsenenstimmen angewendet wurde, ist es Ziel dieser Arbeit, folgende Fragestellungen zu untersuchen:

Inwieweit ist die Methode, auf eine größere Population von ausgebildeten Sängerknaben angewendet, praktikabel?

Stellt die untersuchte Sängerpoblution in Bezug auf jeden Parameter eine homogene Gruppe dar? Finden sich also Gauß'sche Verteilungskurven für die einzelnen untersuchten Parameter?

Inwieweit trifft diese Homogenität auch auf die einzelnen Parameter zu?

Ergibt sich eine Übereinstimmung der vom Untersucher akustisch wahrgenommenen und vom Sänger subjektiv emp-

fundenen Registerübergänge mit den Überlappungszonen der Ellipsen? Inwiefern besteht also eine Korrelation zwischen der Anzahl der Ellipsen und der Anzahl der Register?

Darüber hinaus ist es Aufgabe dieser Arbeit, Normwerte in allen Parametern für jede Stimmgattung aufzustellen.

II. METHODE

1. Probanden:

Die Untersuchung der quantitativen Stimmfeldmessung umfaßte 40 junge Sänger im Alter von 9 bis 13 Jahren, die sich noch vor der Mutation befanden. Alle Probanden waren zum Zeitpunkt der Untersuchung Mitglieder des Tölzer Knabenchors. Die Dauer ihrer bisherigen Gesangsausbildung betrug minimal 1 Jahr und maximal 7 Jahre. Von den 40 Sängerknaben verfügten 23 über Sopran- und 17 über Altstimmen. Alle Sänger, die zum Zeitpunkt der Untersuchung Erkältungskrankheiten hatten, wurden entweder noch einmal untersucht oder von vornherein von der Untersuchung ausgeschlossen.

2. Versuchsablauf:

Die Probanden wurden angehalten, auf dem Vokal (a) über ihren gesamten Stimmumfang einmal im Piano, so leise wie möglich, und einmal im Forte, so laut wie möglich, zu singen. Es wurde auf einen konstant bleibenden Abstand vom Mund zum Mikrophon geachtet, der

bei allen Versuchspersonen 20 cm betrug. Die Töne wurden auf dem Klavier angegeben und anschließend die entsprechenden Schalldruckpegel von dem an das Mikrophon angeschlossenen Schalldruckpegelmessgerät registriert. Um einen späteren Vergleich der gehörten Registerbruchstellen mit den nach unserer Auswertung gefundenen und graphisch mit den Ellipsen dargestellten Registerbruchstellen zu ermöglichen, markierten wir die betreffenden Frequenzen während des Versuches nach unserem subjektiven Gehör und nach den Angaben der Sänger (s. Abb. S. 26). Um eine objektiv richtige, quantitative Erfassung des Stimmfeldes zu erreichen, wurde jeder Proband darauf hingewiesen, daß es nicht auf schönes Singen, also auf Klangqualität ankäme, sondern ausschließlich auf den Dynamikbereich, d.h. auf möglichst lautes bzw. leises Singen. Auf der anderen Seite wurde darauf geachtet, daß vor allem an den Stimmgrenzen im Fortissimo und Pianissimo Töne und kein Schreien oder Hauchen erfaßt wurden. Die so erhaltenen und in einem Koordinatensystem festgehaltenen Werte, also die jeder Frequenz entsprechenden Lautstärken, ergaben das Stimmfeld.

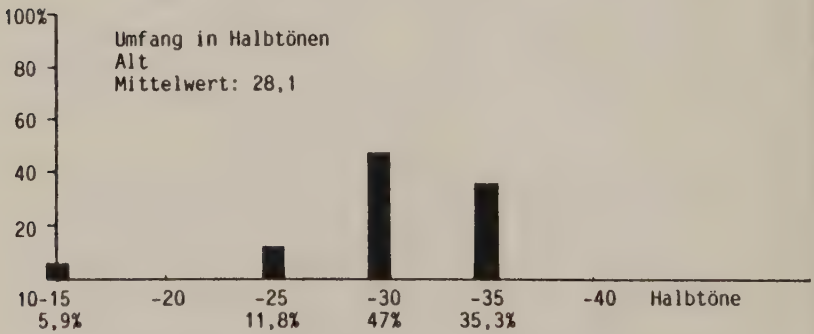
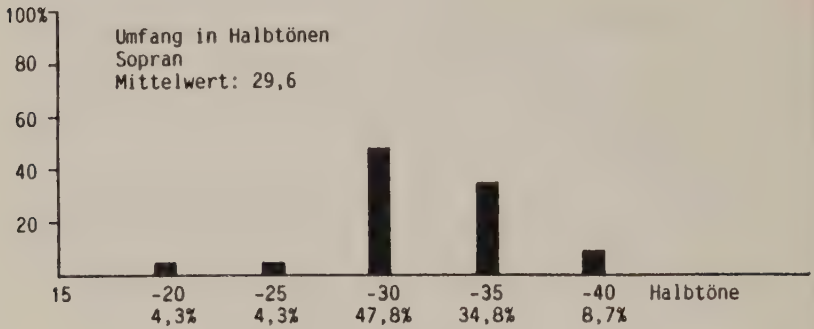
3. Auswertung:

Wir werteten die erhaltenen Stimmfelder mit der in der Einleitung zitierten Methode von Klingholz und Martin aus. Das Stimmfeld unserer Probanden unterteilte sich jedoch in 3 Register und nicht, wie bei den von Klingholz und Martin untersuchten Erwachsenenstimmen, in 2 Register. Für alle von uns untersuchten Knabenstimmen ergaben sich sowohl im Forte als auch im Piano Registerbruchstellen zwischen einem Brust- und Mittel-, bzw. einem Mittel- und Kopfreister, was sich graphisch in 3 Ellipsen wiederpiegelte (s. Abb. S. 24, 25, 26).

III. ERGEBNISSE

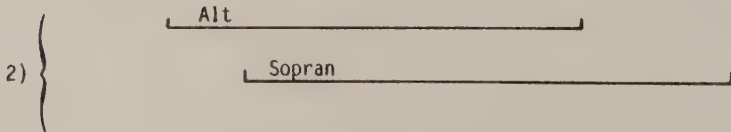
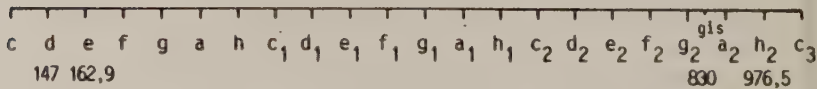
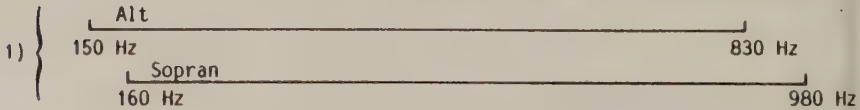
1. Abbildungen:

A) GESAMTER STIMMUMFANG IN HALBTÖNEN



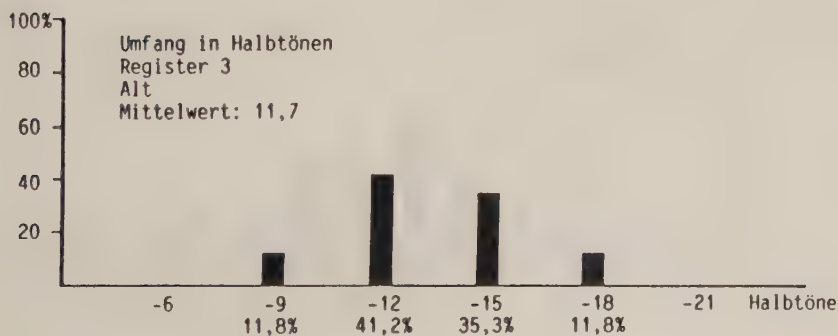
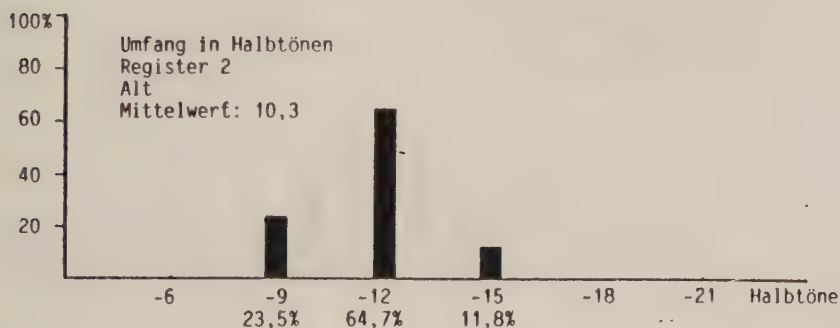
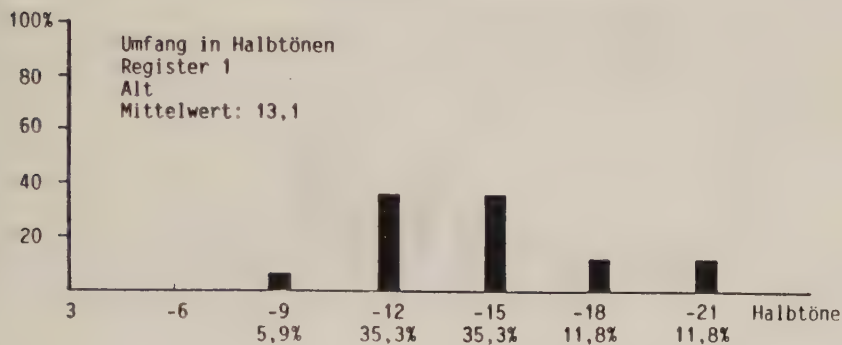
Untere und obere Stimmgrenzen: 1) unsere Ergebnisse

2) Ergebnisse nach Frank und Sparber: s.S.

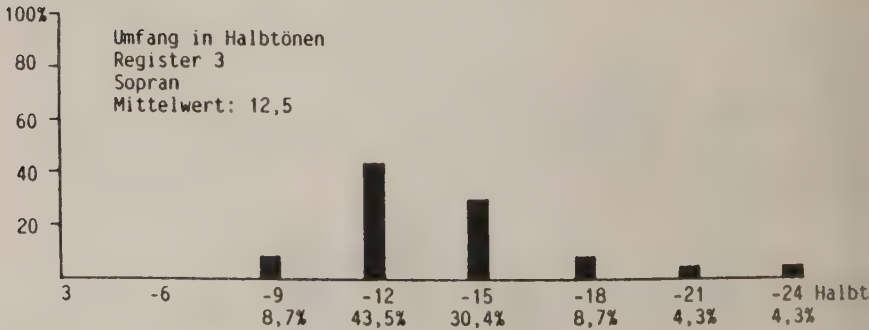
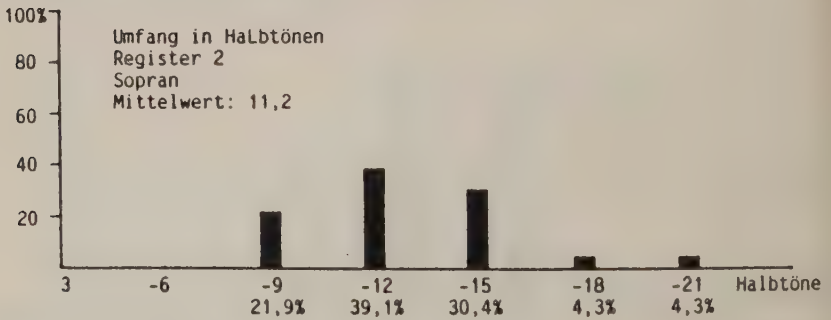
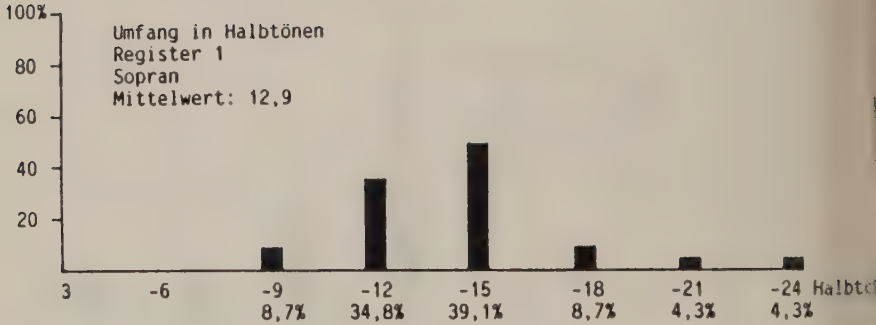


UMFÄNGE IN HALBTÖNEN UND DEREN PROZENTUALE VERTEILUNG JE NACH REGISTER UND STIMMGATTUNG

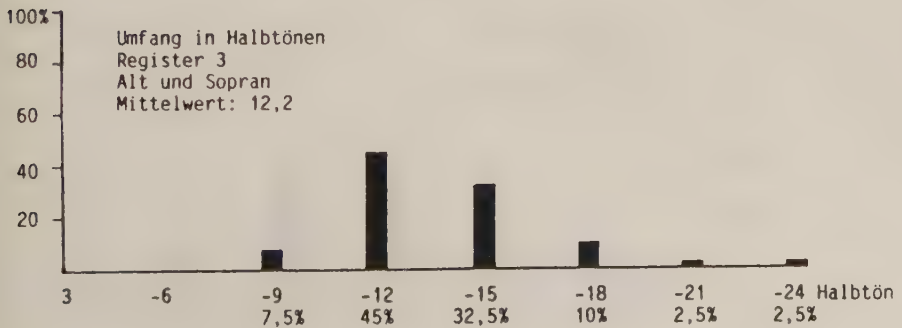
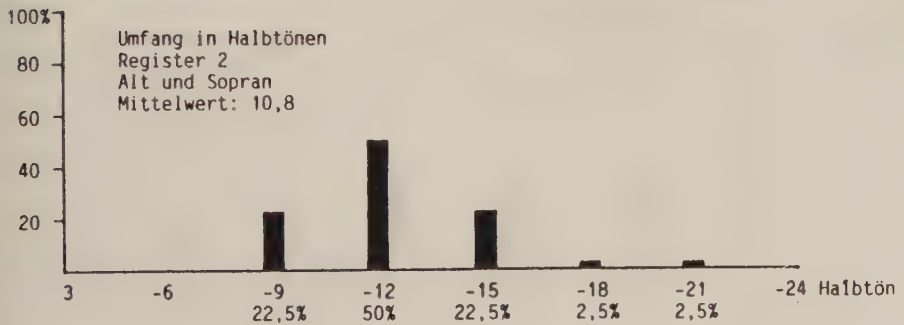
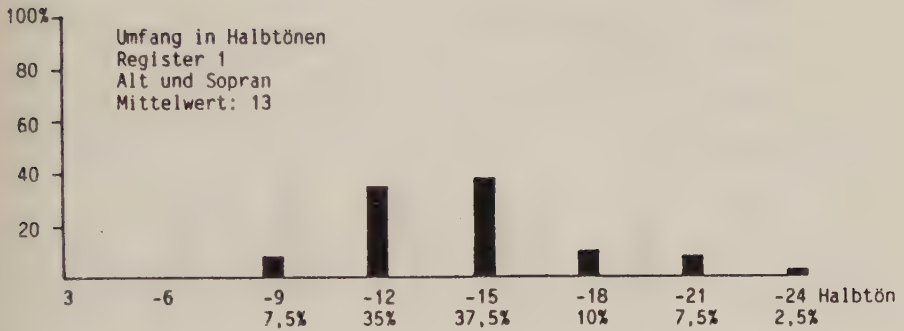
a) Alt:



b) Sopran:

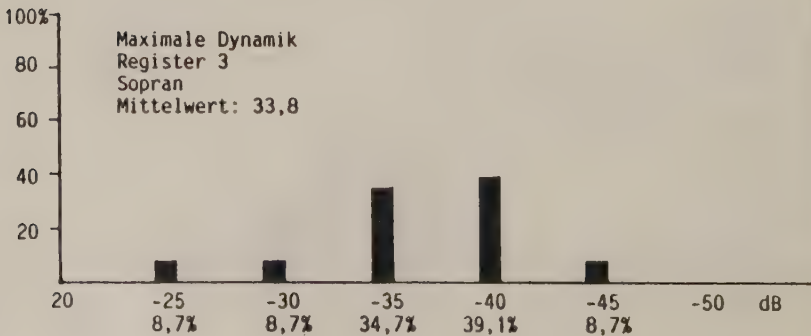
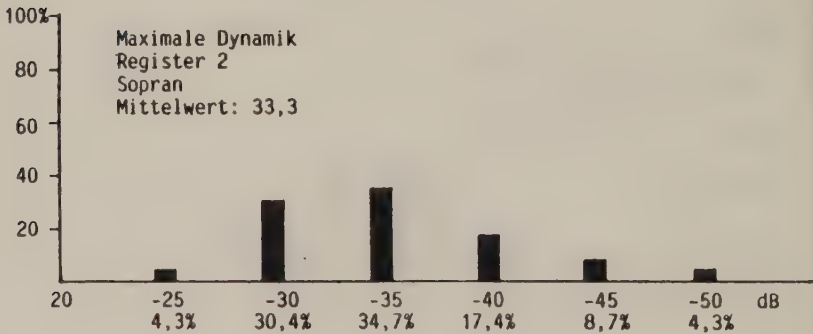
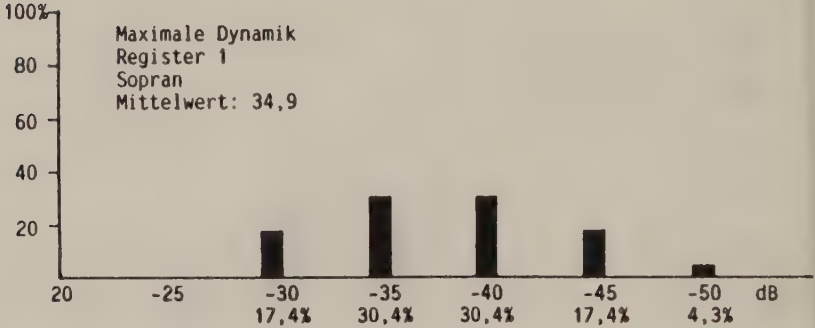


c) Alt und Sopran zusammengefaßt:

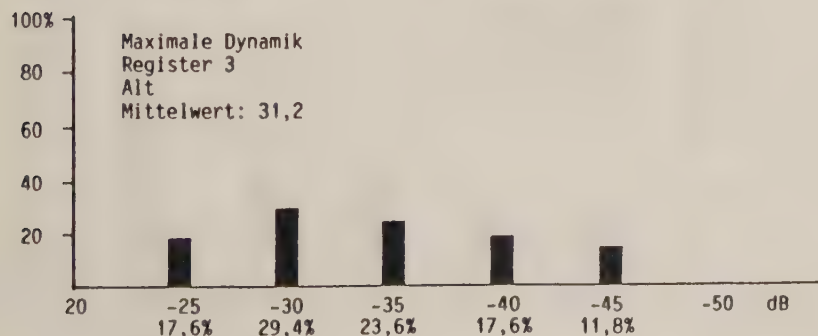
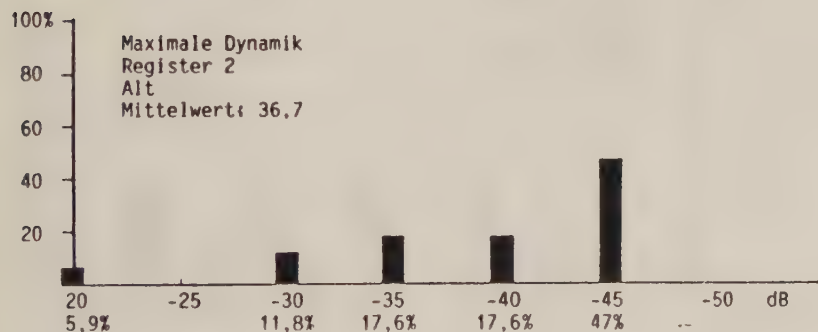
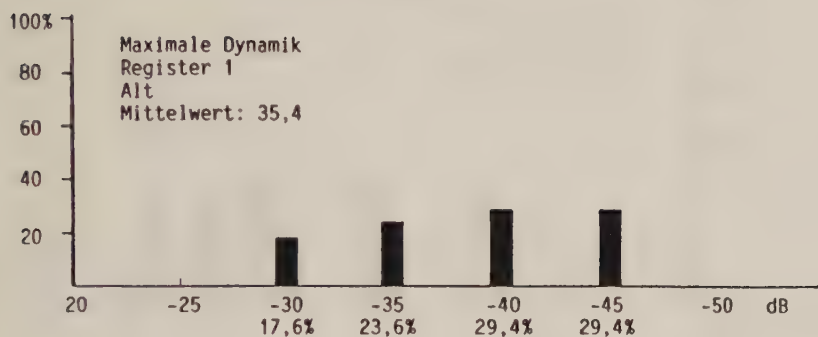


B) MAXIMALE DYNAMIK IN DEZIBEL UND DEREN PROZENTUALE VERTEILUNG JE NACH REGISTER UND STIMMGATTUNG

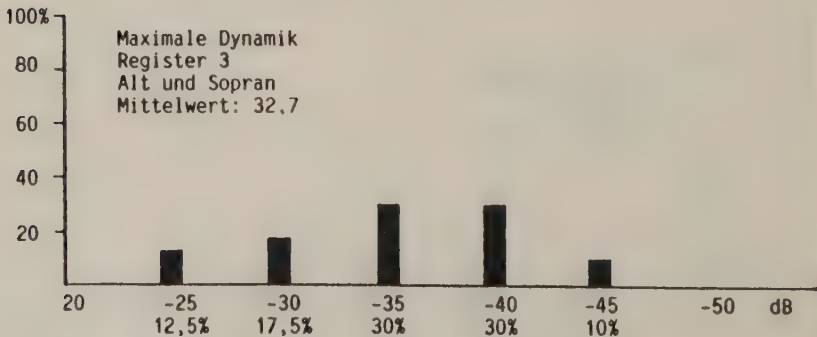
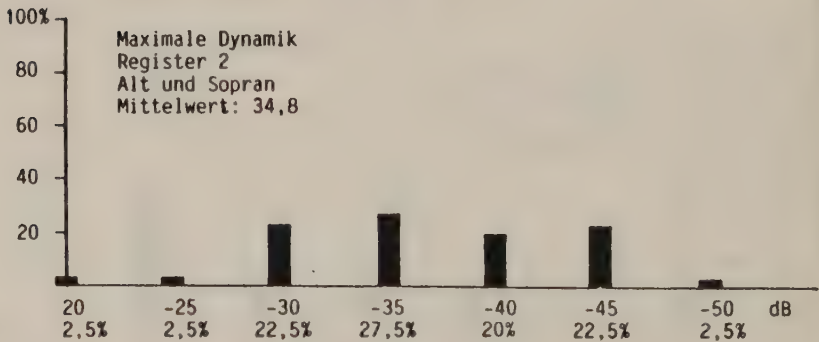
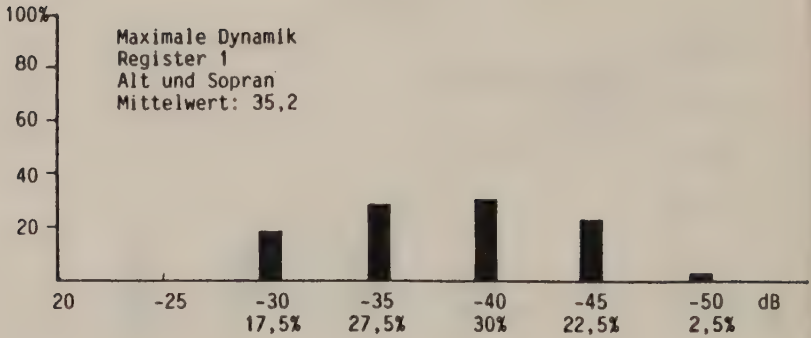
a) Sopran:



b) Alt:

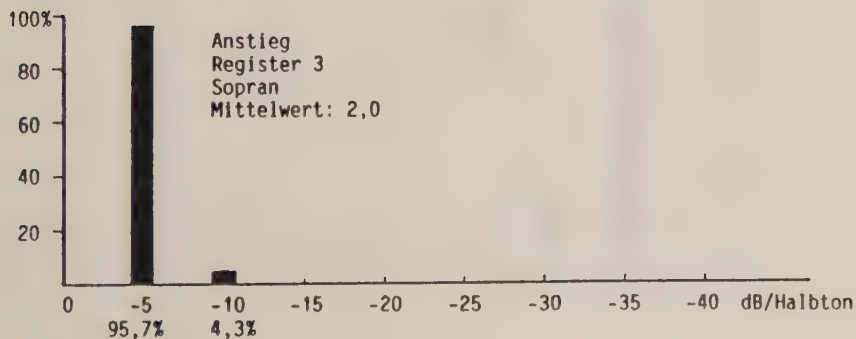
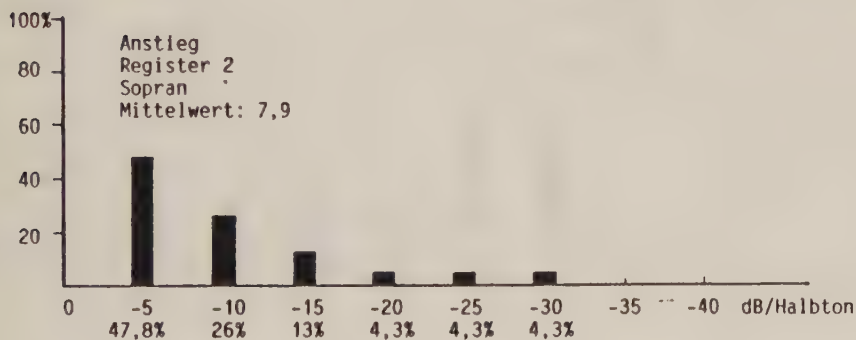
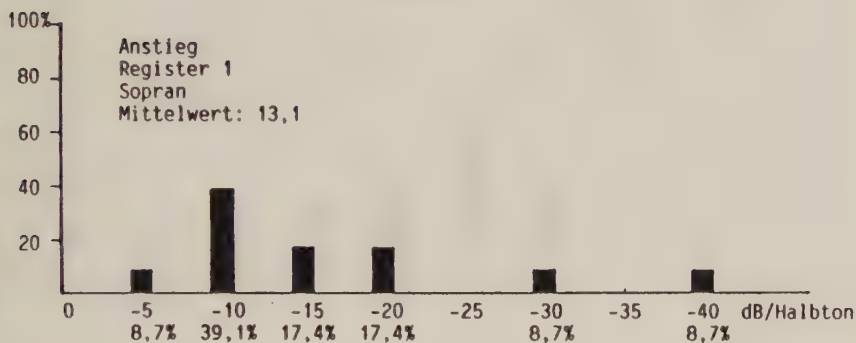


c) Sopran und Alt zusammengefaßt:

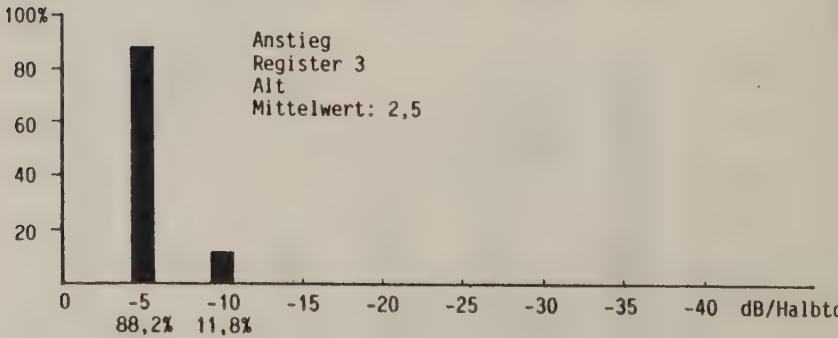
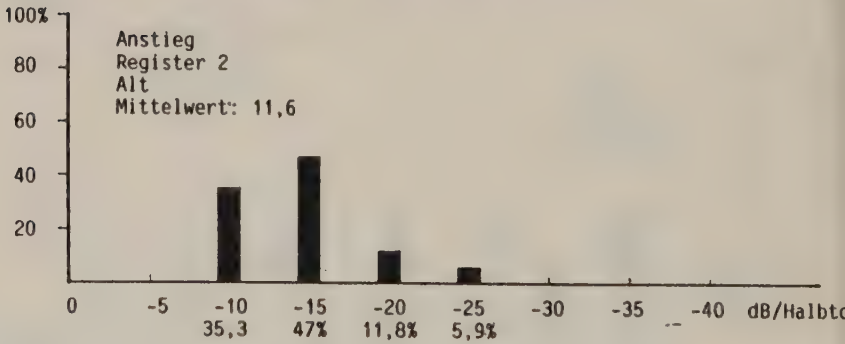
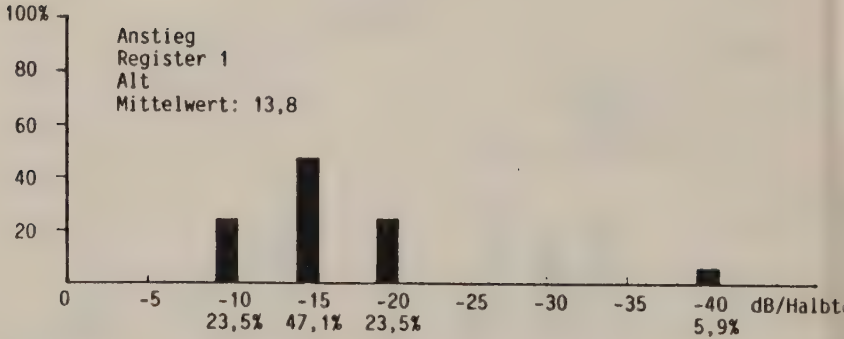


**C) ANSTIEG IN DEZIBEL/HALBTON DER EINZELNEN REGISTER-
ELLIPSEN FÜR a) SOPRAN- UND b) ALTSTIMMEN UND DEREN
PROZENTUALE VERTEILUNG**

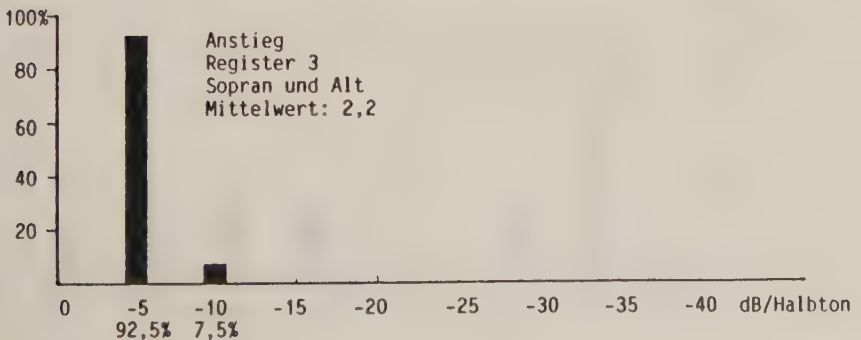
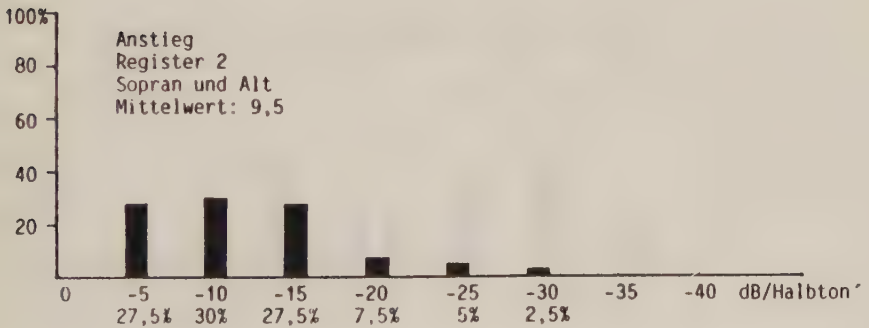
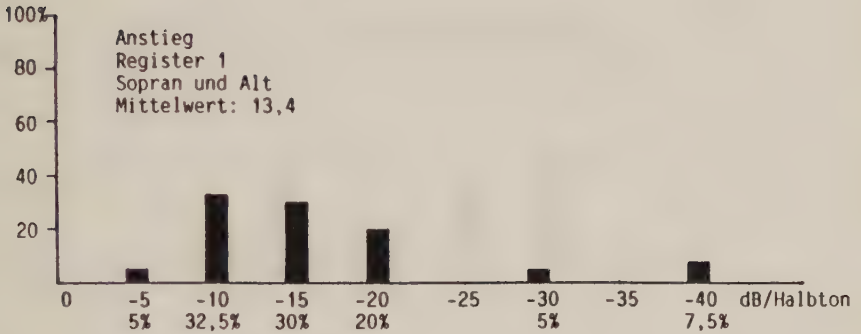
a) Sopran:



b) Alt:

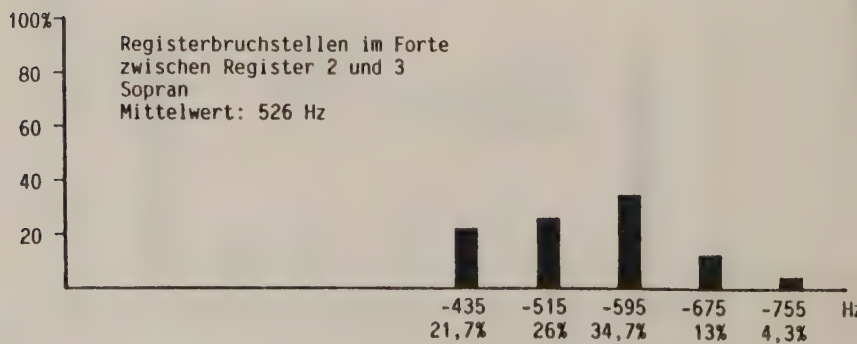
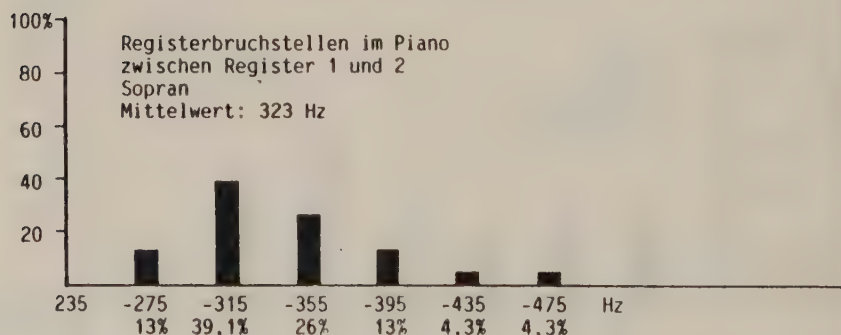
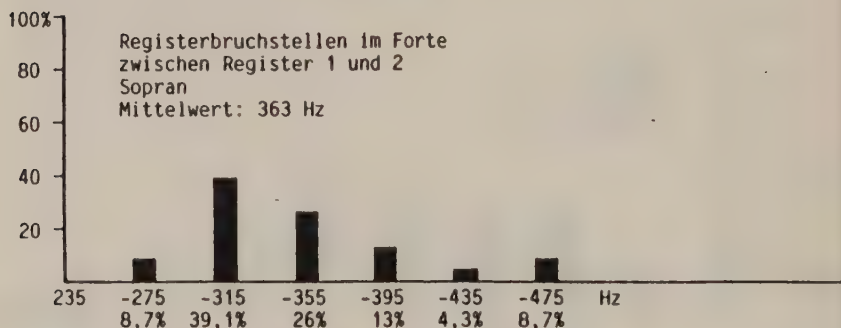


c) Sopran- und Altstimmen zusammengefaßt:

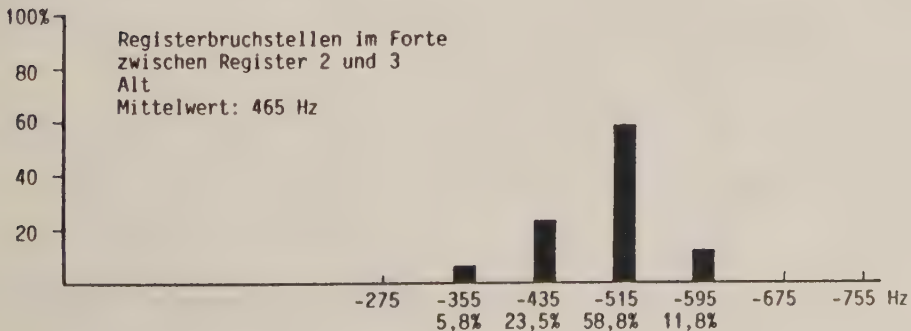
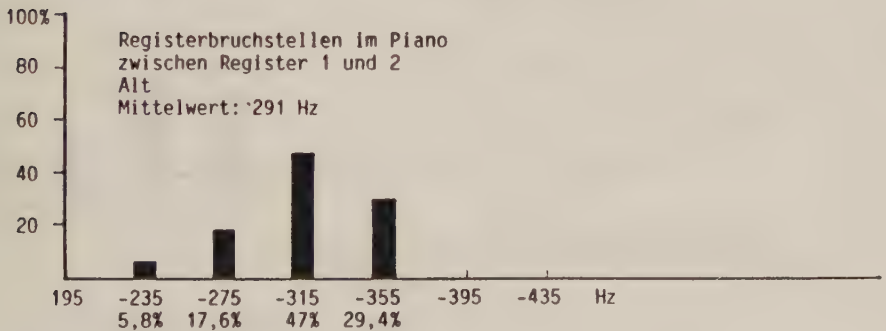
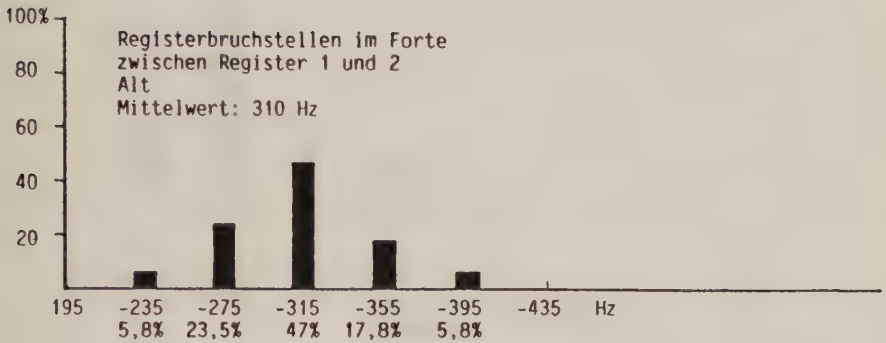


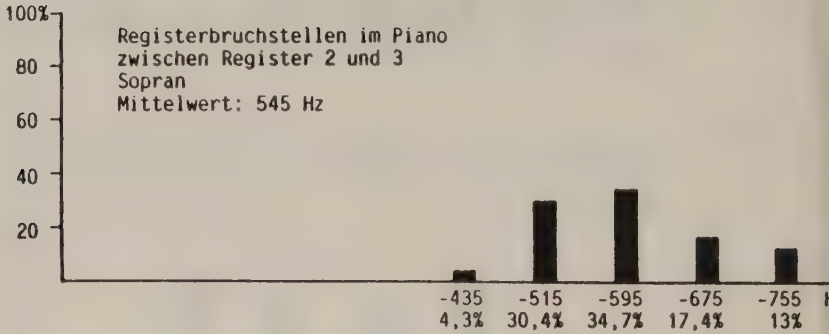
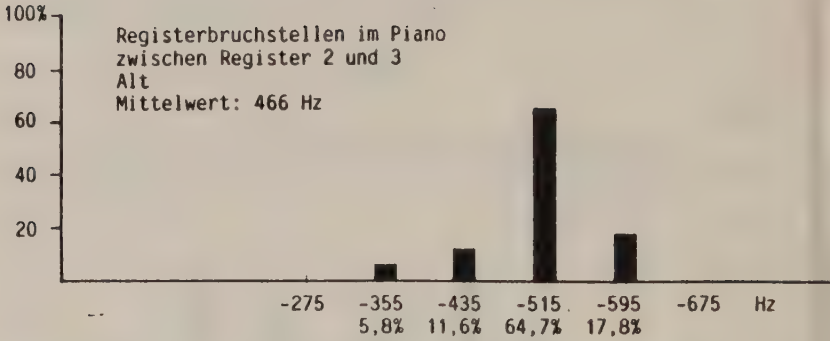
D) REGISTERBRUCHSTELLEN IN HERTZ ZWISCHEN 1. UND 2., BZW. ZWISCHEN 2. UND 3. REGISTER FÜR SOPRAN- UND ALTSTIMMEN UND DEREN PROZENTUALE VERTEILUNG

a) Sopran:

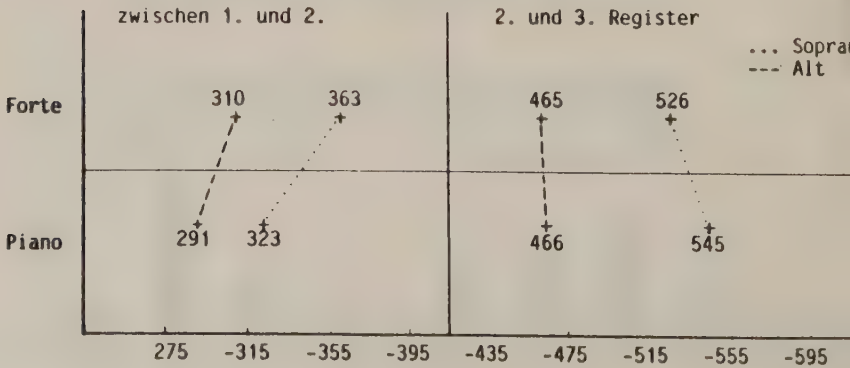


b) Alt:

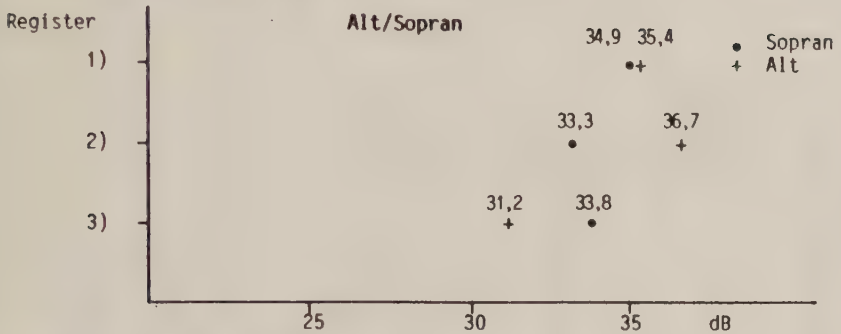




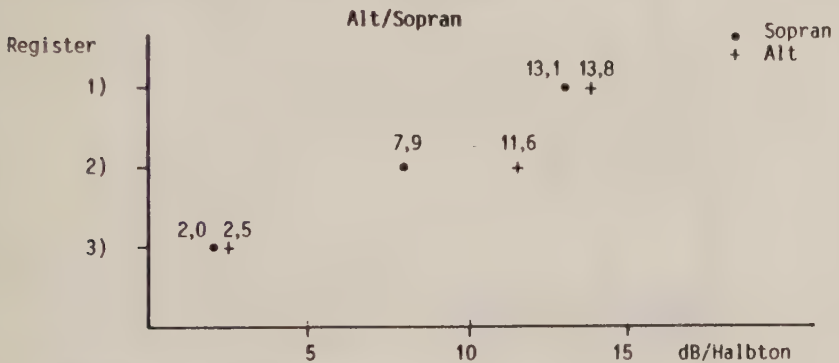
E) REGISTERBRUCHSTELLEN IM VERGLEICH Sopran/Alt



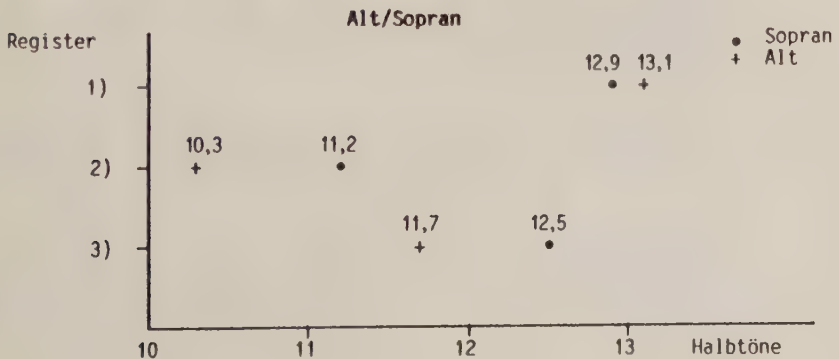
F) MAXIMALE DYNAMIK (dB) IM VERGLEICH



G) ANSTIEGE (dB/HALBTON) IM VERGLEICH



H) UMFÄNGE (HALBTÖNE) IM VERGLEICH



● COMPUTERBLATT DES AUF S. 25 ABGEBILDETEN STIMMFELDES

BERGIUS

ALLAN

DATUM: 2.12.1983

SOPRAN SINGT S. 4 J. ALTER 11 J.

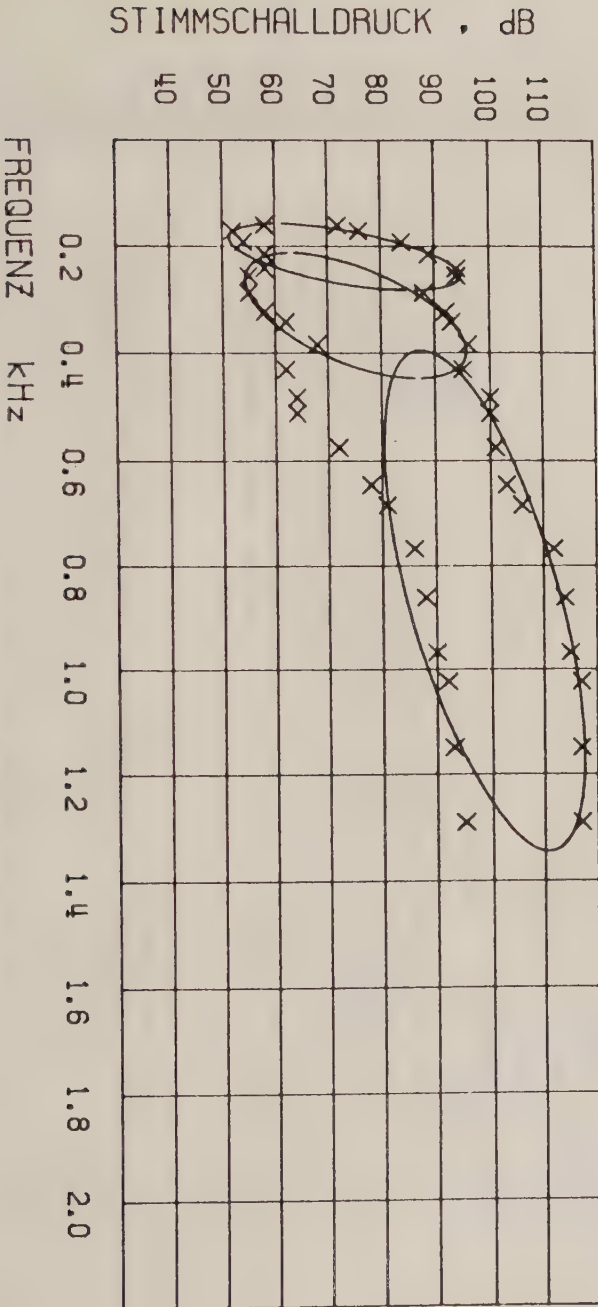
C :	.0	.0	CO:	.0	.0	C1:	55.0	94.0
D :	.0	.0	DO:	.0	.0	D1:	55.0	88.0
E :	.0	.0	EO:	58.0	72.0	E1:	58.0	92.0
F :	.0	.0	FO:	52.0	76.0	F1:	62.0	93.0
G :	.0	.0	GO:	54.0	84.0	G1:	68.0	96.0
A :	.0	.0	AO:	58.0	89.0	A1:	62.0	95.0
H :	.0	.0	HO:	58.0	94.0	H1:	64.0	100.0

C2:	64.0	100.0	C3:	92.0	117.0
D2:	72.0	101.0	D3:	93.0	117.0
E2:	78.0	103.0	E3:	95.0	117.0
F2:	81.0	106.0	F3:	.0	.0
G2:	86.0	112.0	G3:	.0	.0
A2:	88.0	114.0			
H2:	90.0	115.0			

	REG.1	REG.2	REG.3	REG.4
UNTERER FREQUENZWERT,Hz	157.7	212.7	395.3	.0
MITTLERER FREQUENZWERT,Hz	220.0	330.0	870.0	.0
OBERER FREQUENZWERT,Hz	282.3	447.3	1344.7	.0
UMFANG, Halbtöne	10.1	12.9	21.3	.0
MAXIMALE DYNAMIK,dB	35.3	33.8	28.9	.0
ANSTIEG,dB/Halbtön	14.7	7.0	1.4	.0
STIMMUMFANG, Halbtöne			37.2	
MITTLERE ABWEICHUNG,dB			8.8	

REGISTERBRÜCHE, Hz	REGISTER 1/2		REGISTER 2/3		REGISTER 3/4	
	FORTE	PIANO	FORTE	PIANO	FORTE	PIANO
	270.0	235.0	429.3	443.3	.0	.0
HAUPTACHSE, cm		2.2		2.2		4.9
NEBENACHSE, cm		.5		.9		1.4
WINKEL, Grad		80.0		68.0		15.0
XO, cm		2.2		3.3		8.7
YO, cm		4.3		4.5		6.9

- BEISPIEL EINES MIT 3 ELLIPSEN GENÄHERTEN STIMMFELDES
EINES SÄNGERKNABEN



- ABBILDUNG DER FÜR EIN STIMMFELD EINGETRAGENEN, ÜBEREINANDERSTEHENDEN FORTE- BZW. PIANODEZIBELWERTE

PHONETOGRAMM

Datum:

Name: Allan Bergius

geb.: 2.5.72

Diagnose:

hoher Sopran

seit 4 Jahren im Chor

D	E	F	G	A	H	C	d	e	f	g	a	h	c1	d1	e1
								58	52	54	58	58	55	55	58
								72	76	84	89	94	94	88	92

f1	g1	a1	h1	c2	d2	e2	f2	g2	a2	h2	c3	d3	e3	f3
62	68	62	64	64	72	78	81	86	88	90	92	93	95	
93	96	95	100	100	101	103	106	112	114	115	117	117	117	114

Man beachte die während des Versuches mit Pfeilen markierten Registerbruchstellen und vergleiche sie mit S. 24 und 25!

● 5 PARAMETER EINER ELLIPSE:

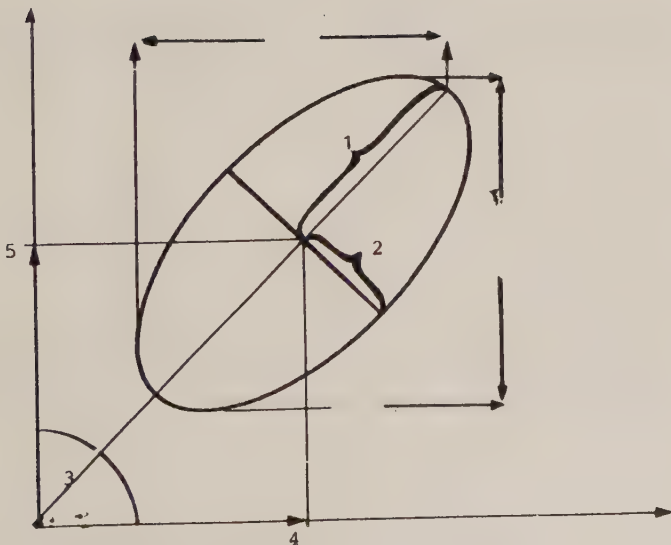
1 HAUPTACHSE

2 NEBENACHSE

3 WINKEL

4 X-KOORDINATE DES MITTELPUNKTES

5 Y-KOORDINATE DES MITTELPUNKTES



2. Beschreibung

A) Gesamter Stimmumfang (s. S. 10)

Sopran- und Altstimmen zeigen für sich genommen, nach Stimmumfang geordnet, eine annähernde Gauß'sche Verteilungskurve, wobei

- . der mittlere Stimmumfang der Sopranstimmen um 1,5 Halbtöne über dem der Altstimmen liegt
(Mittelwert Alt: 28,1 Halbtöne
Mittelwert Sopran: 29,6 Halbtöne),
- . Sopran- und Altstimmen ihre größte prozentuale Verteilung in der Klassenbreite von 25-30 Halbtönen haben.

Der maximale Stimmumfang der Sopranstimmen umfaßt 37,2 Halbtöne, der der Altstimmen 34,9 Halbtöne.

Der minimale Stimmumfang der Sopranstimmen umfaßt 18 Halbtöne, der der Altstimmen 14,8 Halbtöne.

Untere und obere Stimmgrenzen (s. S. 10 unten)

Die untere Stimmgrenze der Sopranstimmen liegt im Mittel bei 160 Hz (e), die obere bei 980 Hz (h²).

Die untere Stimmgrenze der Altstimmen liegt durchschnittlich bei 150 Hz (d), die obere bei 830 Hz (gis²).

Alt- und Sopranstimmen unterscheiden sich in der Tiefe jeweils um 2 Halbtöne, in der Höhe um 3 Halbtöne.

Umfänge (in Halbtönen) und deren prozentuale Verteilung
nach Register und Stimmgattung

(s. S. 11, 12, 13 und S. 23 H)

Die Umfänge der einzelnen Register sind sowohl nach Stimmgattungen getrennt als auch registerweise zusammengefaßt annähernd normalverteilt.

Im Mittel haben die Brustregister den größten und die Mittelregister den kleinsten Umfang:

(Brustregister: 13 Halbtöne
Mittelregister: 10,8 Halbtöne)
(s. S. 13 und S. 23 H).

Mit einem Mittelwert von 12,2 Halbtönen liegen die Kopfreister dazwischen (s. S. 13).

Auch nach Stimmgattungen getrennt, haben im Mittel die Brustregister den größten, die Mittelregister den kleinsten Umfang und das Kopfreister liegt dazwischen:

(Brustregister:	Alt 13,1,	Sopran 12,9 Halbtöne
	(s. S. 11)	(s. S. 12)
Mittelregister:	10,3,	" 11,2 Halbtöne
Kopfreister:	11,7,	" 12,5 Halbtöne)
		(s. auch S. 23 H)

Die Altstimmen haben im Brustregister mit 13,1 Halbtönen im Mittel (und 20,4 Halbtönen maximal und 8,9 Halbtönen minimal) um 0,3 Halbtöne größere Umfänge als die Sopranstimmen mit 12,9 Halbtönen (s. S. 11 und S. 12; s. auch S. 23 H).

Dagegen haben die Sopranstimmen sowohl im Mittel- als auch im Kopfreister den größeren Umfang im Vergleich mit den Altstimmen (s. S. 11, 12, 23 H):

- im Mittelregister um 0,9 Halbtöne

(MW der Alt: 10,3 Halbtöne
" " Sopran: 11,2 ")

- im Kopfregeister um 0,8 Halbtöne

(MW der Alt: 11,7 Halbtöne
" " Sopran: 12,5 ").

Die größte Kopfstimme unter den Sängern des Sopran umfaßte 21,2 Halbtöne, unter den Altstimmen 15,4 Halbtöne.

Die kleinste Kopfstimme der Sopranstimmen umfaßte 7,3 Halbtöne, die der Altstimmen nur 6,8 Halbtöne.

Die umfangmäßig kleinsten Brustregister wiesen in beiden Stimmgattungen 8,9 Halbtöne auf.

Die umfangmäßig größten Brustregister sind unter den Sopranstimmen mit 24 Halbtönen und unter den Altstimmen mit nur 20,4 Halbtönen zu finden.

B) Maximale Dynamik (in dB) und deren prozentuale Verteilung je nach Register und Stimmgattung

(s. S. 14, 15, 16 und S. 23 F)

Sopran- und Altstimmen zusammengefaßt, weisen im Brustregister mit 35,2 dB durchschnittlich die größte Dynamik auf, vor

34,8 dB im Mittelregister und vor

32,7 dB im Kopfregeister.

In allen 3 Registern sind annähernde Gauß'sche Verteilungskurven zu beobachten (s. S. 16).

Die Sopranstimmen für sich genommen sind ebenfalls in allen 3 Registern - prozentual nach Dynamik geordnet - annähernd normalverteilt (s. S. 14).

Dabei haben im Brustregister die anteilmäßig meisten Sopranstimmen - nämlich 60,8 % - eine zwischen 30 und 40 dB gelegene Dynamik mit einem Mittelwert von 34,9 dB (s. S. 14).

Einen kleineren Mittelwert von 33,8 dB erreichen die Sänger im Kopfreister, wobei die meisten aller Sopranstimmen - nämlich 73,8 % - ebenfalls eine Dynamik zwischen 30 und 40 dB haben (s. S. 14).

Die kleinste Dynamik - im Mittel 33,3 dB - haben die Sopranstimmen im Mittelregister mit einer maximalen prozentualen Verteilung von 65,1 % aller Sopranstimmen zwischen 25 und 35 dB (s. S. 14).

Die Altstimmen für sich genommen, sind nur im Kopfreister annähernd normalverteilt mit einem prozentualen Maximum von 29,4 % aller untersuchten Altstimmen, die in der Klassenbreite von 25 dB bis 30 dB liegen (s.S. 15).

Der mittlere Dynamikwert der Kopfstimme beträgt 31,2 dB (s. S. 15).

Im Gegensatz zu den Sopranstimmen haben die Altstimmen eine vergleichsweise kleine Dynamik in der Kopfstimme und eine größere von 35,4 dB im Brust-, bzw. 36,7 dB im Mittelregister (s. S. 15 und S. 23 F).

Im Brust- und Mittelregister ist eine ansteigende Häufigkeit in der Verteilung der Altstimmen von niedrigeren zu höheren dB-Werten zu beobachten (s. S. 15).

Die Verteilungsspanne reicht im Brustregister von 25 bis 45 dB, wobei die meisten Altstimmen - nämlich 58,8 % - im Brustregister eine Dynamik zwischen 35 und 45 dB haben (s. S. 15).

Im Mittelregister verteilen sich die Dynamikwerte der Altstimmen über eine Spanne von 15 bis 45 dB, wobei 64,6 % wiederum (s.o.) zwischen 35 und 45 dB Dynamik haben (s. S. 15).

Im Kopfreister dagegen können die meisten Altstimmen nur eine kleinere Dynamik zwischen 25 und 35 dB vorweisen (s.o.) (s. S. 15).

Im Vergleich Sopran-Altstimmen sind also die Altstimmen im Brust- um 0,5 dB und im Mittelregister um 3,4 dB stärker als die Sopranstimmen (s. S. 23 F).

Nur im Kopfregeister haben die Sopranstimmen einen um 2,6 dB höheren mittleren Dynamikwert als die Altstimmen (s. S. 23 F).

Anstieg (in dB/Halbton) der einzelnen Registerellipsen für Sopran- und Altstimmen und deren prozentuale Verteilung

(s. S. 17, 18, 19 und S. 23 G)

Sopran- und Altstimmen zusammengefaßt, sind im Brustregister - nach Anstiegen der großen Ellipsenhalbachsen geordnet - nach Gauß verteilt (s. S. 19). Die Gauß'sche Kurve reicht über eine Spanne von 40 dB/Halbton und hat einen Mittelwert von 13,4 dB/Halbton. 62,5 % aller Probanden haben einen Anstieg von 5 bis 15 dB/Halbton (s. S. 19).

Der Anstieg des Mittelregisters ist durchschnittlich um 3,9 dB/Halbton kleiner als im Brustregister und liegt damit bei 9,5 dB/Halbton.

Die Verteilungsspanne reicht hier von 0 bis 30 dB/Halbton, wobei 57,5 % aller Probanden zwischen 0 und 10 dB/Halbton Anstieg haben (s. S. 19).

7,3 dB/Halbton unter dem Mittelwert des Mittelregisters liegt der des Kopfregeisters (2,2 dB/Halbton).

92,5 % aller Probanden haben einen Anstieg, der zwischen 0 und 5 dB/Halbton liegt. Davon sind 20 % gleich 0. Der Rest von 7,5 % hat einen Anstieg von 5 bis 10 dB/Halbton (s. S. 19).

Die Mittelwerte der Altstimmen liegen in allen 3 Registern über denen der Sopranstimmen: Im Brustregister haben die Altstimmen im Mittel mit 13,8 dB/Halbton einen

um 0,7 dB/Halbton höheren Anstieg als die Sopranstimmen mit durchschnittlich 13,1 dB/Halbton (s. S. 17, 18 und S. 23 G).

Im Mittelregister liegt der Alt mit 11,6 dB/Halbton um 3,7 dB/Halbton über dem Sopran mit 7,9 dB/Halbton.

Im Kopfreister haben die Altstimmen mit 2,5 dB/Halbton einen um 0,5 dB/Halbton größeren Anstieg als die Sopranstimmen (s. S. 17, 18 und S. 23 G).

Alt- und Sopranstimmen sind im 1. Register normalverteilt, mit einem Maximum bei 5 bis 10 dB/Halbton der Sopranstimmen und 10 bis 15 dB/Halbton der Altstimmen (s. S. 17, 18).

Im Mittelregister sind nur die Altstimmen annähernd nach Gauß verteilt, mit einem Maximum zwischen 10 und 15 dB/Halbton (s. S. 18); die Sopranstimmen sind dagegen mit zu größeren Anstiegswerten fallender Häufigkeit verteilt, wobei die meisten - nämlich 47,8 % aller Altstimmen - zwischen 0 und 5 dB/Halbton Anstieg haben. Bis zu 30 dB/Halbton fällt die Verteilungshäufigkeit ab (s. S. 17).

Im Kopfreister gibt es jeweils ein Verteilungsmaximum zwischen 0 und 5 dB/Halbton, worunter von den Altstimmen 97,7 % und von den Sopranstimmen 88,2 % fallen (s. S. 17, 18). Die restlichen Alt- und Sopranstimmen verteilen sich jeweils in der Klassenbreite bis zu maximal 10 dB/Halbton.

Registerbruchstellen* (in Hertz) zwischen 1. und 2., bzw. zwischen 2. und 3. Register und deren prozentuale Verteilung

(s. S. 20, 21, 22 und S. 22 E)

Die Registerbruchstellen zwischen 1. und 2. Register liegen im Forte durchschnittlich bei höheren Hz-Zahlen

* Abkürzung: RBS

als im Piano: So liegen die Forte-RBS der Altstimmen im Mittel bei 310 Hz, im Piano bei 291 Hz (s.S. 21, 22 E). 47 % liegen in der Klassenbreite von 275 bis 315 Hz. Die Gauß'schen Verteilungskurven reichen von 195 bis 395 Hz im Forte, bis 355 im Piano (s. S. 21).

Die Forte-RBS der Sopranstimmen liegen im Mittel bei 363 Hz, im Piano bei 323 Hz (s. S. 20 und S. 22 E).

Die größte Klassenbreite, mit 39,1 % aller Sopranstimmen liegt zwischen 275 und 315 Hz im Alt und Sopran (s. S. 20).

Die Gauß'schen Verteilungskurven reichen von 235 Hz bis 475 Hz im Forte und im Piano (s. S. 20).

Somit liegt der Mittelwert der Sopran-RBS im Forte mit 363 Hz um 53 Hz über dem der Altstimmen mit 310 Hz (s. auch S. 22 E).

Im Piano liegen die RBS der Sopranstimmen um 32 Hz über denen der Altstimmen (s. auch S. 22 E).

Die RBS zwischen 2. und 3. Register liegen im Forte im Mittel bei niedrigeren Hz-Zahlen als im Piano (s. S. 22 E). So liegen die Forte-RBS der Altstimmen im Mittel bei 465 Hz, im Piano bei 466 Hz (s. S. 21, 22).

Die meisten Altstimmen - im Forte 58,8 %, im Piano 64,7 % - haben ihre RBS zwischen 435 und 515 Hz (s. S. 21 unten, S. 22 oben).

Die annähernden Gauß'schen Verteilungskurven reichen von 275 bis 595 Hz (s. S. 21 unten, S. 22 oben).

Die Forte-RBS der Sopranstimmen liegen im Mittel bei 526 Hz, im Piano bei 545 Hz (s. S. 20 unten, S. 21 Mitte, S. 22 E). Die Klassenbreite mit der größten prozentualen Verteilung (34,7 %) ist die von 515 bis 595 Hz, im Forte und ebenfalls im Piano (s. S. 20 unten, S. 21 Mitte). Die Gauß'schen Verteilungskurven erstrecken sich im Forte und im Piano für die RBS zwischen 2. und 3. Register im Sopran zwischen 355 und 755 Hz (s. S. 20 unten, S. 21 Mitte).

Der Mittelwert der Sopran-RBS im Forte liegt also mit 526 Hz um 61 Hz über dem der Altstimmen mit 465 Hz (s. S. 22 E). Im Piano liegen die RBS der Sopranstimmen mit 545 Hz um 74 Hz über denen der Altstimmen (s. S. 22 E).

IV. DISKUSSION

1. des Versuchsablaufes

Das Verfahren der Stimmfeldmessung hat sich gerade anhand unserer Probandengruppe von trainierten Sängerstimmen dadurch bewährt, daß es in seiner einfachsten Form und mit geringem Zeitaufwand doch korrekt durchgeführt werden konnte.

Es genügte ein Klavier als Tonhöhenerezeuger, da ein Fehler durch ungenaues Nachsingen des auf dem Klavier vorgegebenen Tones bei dem musikalischen Gehör der Probanden wohl zu vernachlässigen war (31).

Ein spezieller Tongenerator, der durch einen eingebauten Formantenfilter die Klangfarbe des künstlich erzeugten Tones dem menschlichen Stimmklang annähert und so das Nachsingen erleichtern soll, war somit für unsere Probanden unnötig, während er z.B. bei der Untersuchung Stimmgestörter sicher angebracht ist (39).

Für die Registrierung der Schalldruckpegel erwies sich ein einfacher Schalldruckpegelmesser als einfach zu handhaben, obwohl in der Literatur verschiedentlich auf die Vorteile einer automatischen Umschaltung in zwei sich überlappenden Dynamikbereichen von je 50 dB (35-85 dB und 75-125 dB) hingewiesen wird (33,37).

Die Untersuchung soll in einem Raum durchgeführt werden, der zwar gegen Umweltlärm abgedichtet ist, jedoch nicht ganz frei von Reflexionen und Störschallpegel ist, damit der Proband durch die audiophonatorische Rückkoppelung nicht beeinträchtigt ist. Es genügte also ein Untersuchungsraum mit "Wohnraumakustik" (44).

Trotz Verzicht auf die halbautomatische Registrierung des Tonhöhen- und Dynamikumfangs genügte ein zeitlicher Aufwand von 10 bis 15 Minuten pro Sänger (33).

Weitgehend unberücksichtigt blieben mit dem Untersuchungsverfahren Klangcharakteristika, welche eher Gegenstand spektralanalytischer Untersuchungen wären (39,44).

Auf aufwendige Untersuchungen dieser Art verzichteten wir jedoch bewußt, da wir mit einfachen Mitteln - wie sie in jeder Phoniatriischen Praxis vorhanden sind - arbeiten wollten. Nur einer unserer Probanden wurde angehalten, außer auf dem Vokal (a) auch auf (u) und (i) zu singen. Die drei erhaltenen Stimmfelder unterschieden sich unwesentlich, was in unserem Fall das Untersuchungsverfahren als ungeeignet für Klanguntersuchungen auswies. Auf der anderen Seite bestätigte es die Tatsache, daß Vokalunterschiede bei geschulten Stimmen weniger hervortreten als bei ungeschulten (39).

Auch intraindividuelle Leistungsschwankungen blieben zwar bei einmaliger Erstellung des Stimmfeldes unberücksichtigt. Daß das Untersuchungsergebnis jedoch nicht wesentlich von Tagesform und Einsingen ab-

hängt, wurde an einigen Probanden gezeigt. Ihr Stimmfeld wurde wiederholt im Abstand mehrerer Wochen gemessen und zeigte keine wesentlichen Unterschiede.

Im übrigen verweise ich auf eine Tabelle über "Fehlerquellen bei der Erstellung des Stimmfeldes" von Klingholz und Martin (21).

2. der Auswertung

Da die Ellipsen primär nach Augenmaß durch die vorhandenen Meßpunkte gelegt wurden, und erst sekundär durch ein Näherungsverfahren mit der Rechenanlage die exakte Position der Ellipsen bestimmt wurde, mochte es auf den ersten Blick fraglich erscheinen, ob die jeweils einzig richtige Lage der Ellipsen gefunden worden war. Da aber nach erfolgter Auswertung der Vergleich mit den während des Versuches markierten, rein akustisch hörbaren und vom Sänger spürbaren Registerbruchstellen erfolgte, war eine nachträgliche Kontrolle möglich (32).

Tatsächlich ergab sich Übereinstimmung der beiden Ergebnisse. (s. Übereinstimmung der Pfeile im Phonetogramm S. 26 mit Graphik S. 25 und auf dem Computerblatt ausgedruckten Registerbruchstellen S. 24 am Beispiel eines Sängerknaben)

Das Approximieren des Stimmfeldes mit Kurven 2. Ordnung und seine Beschreibung mit Ellipsen hatte nicht nur den Vorteil, eventuell vorhandene, oben genannte Meßfehler des Versuchsverfahrens durch Näherung auszugleichen, sondern es ergab einen Satz von fünf Parametern pro Ellipse, mit denen die Stimmfelder charakterisiert und miteinander verglichen werden konnten (21, Abb. S. 27 und Abb. S. 24 und 25).

Die stimmliche Leistung konnte so nicht nur für das gesamte Stimmfeld genau dokumentiert werden, sondern auch getrennt für die einzelnen Ellipsen. Das letztere war wertvoll vor allem in Bezug auf die physiologische Interpretation der Ellipsen, nämlich der Register.

3. der Ergebnisse im Vergleich zur Literatur

In einigen Ergebnissen fanden wir erhebliche Abweichungen im Vergleich mit Werten aus der Literatur:

In einer umfassenden Studie von Frank und Sparber über Stimmumfänge von 5.000 Kindern im Alter von 7 bis 14 Jahren ergab sich für den Sopran ein Umfang von a bis g^2 , und für den Alt von f bis c^2 (9). Wir dagegen fanden wesentlich größere Umfänge: für den Sopran von e bis h^2 und für den Alt von d bis gis^2 (s. Abb. S. 10). Unsere Umfänge waren also in der Tiefe bei den Sopranstimmen um 3 Töne, bei den Altstimmen um 2 Töne größer, in der Höhe bei den Sopranstimmen um 2 Töne und bei den Altstimmen sogar um 4,5 Töne größer.

Dieses Ergebnis läßt sich wohl damit erklären, daß es sich bei Frank und Sparber um ungeschulte Stimmen bei sonst gleichen Versuchsbedingungen handelte, während sich unsere Probanden als ausgebildete Solostimmen eben auch durch größere Stimmumfänge auszeichneten.

Mit unseren weitergehenden Untersuchungen konnten wir speziell für das Brustregister nicht nur besonders große Umfänge, sondern auch eine große Dynamik und große Anstiegswerte finden. Gerade das Brustregister aber stellt die Basis einer stimmlichen Lei-

stung auch in höheren Stimmbereichen insofern dar, als es erst durch eine verstärkte Aktion des Musculus vocalis eine größere Adduktion der Stimmlippen bei größerer Lautstärke in höheren Stimmbereichen - also im Mittel- und Kopfreister - erlaubt.

Es läßt sich als Charakteristikum unserer geschulten, zu Solosängern ausgebildeten Sängerknaben festhalten, daß sie wesentlich größere Gesamtstimmumfänge als gleichaltrige, ungeschulte Stimmen haben, und daß die Bruststimme als tragendes Register der stimmlichen Leistung - mehr als Mittel- und Kopfreister - an den großen Gesamtstimmumfängen beteiligt ist.

Neben der Problematik der Stimmumfänge ergibt sich als zweiter Gesichtspunkt unserer Untersuchungen die Beurteilung der Registerbruchstellen. Interessant erscheint deshalb eine Studie über Registerbruchstellen, die - ganz ähnlich unserer - Knaben des Regensburger Domchores ("Domspatzen") untersuchte (14,45).

Fr. J. Hell stimmte in der Registeranzahl mit unseren Untersuchungen überein. Auch er fand 3 Register: Brust-, Mittel- und Kopfreister. Seine im Piano ermittelten Registerbruchstellen jedoch lagen in beiden Stimmgattungen über den von uns gefundenen. Im Sopran lagen unsere Brüche zwischen 1. und 2. Register um 2 Töne, im Alt um 2 1/2 Töne tiefer. Im Sopran lagen unsere Brüche zwischen 2. und 3. Register um einen halben, und im Alt um 2 Töne unter den von Fr. J. Hell gefundenen.

Da es sich bei den von Fr. J. Hell untersuchten Knabenstimmen um Chorstimmen handelte, während unsere Sängerknaben zu Solisten ausgebildete Stimmen dar-

stellen, ist anzunehmen, daß auch die Stimmumfänge des Tölzer Knabenchors größer sind als die der "Regensburger Domspatzen". So ließen sich auch die höher liegenden Registerbruchstellen der Regensburger Domspatzen mit höher einsetzenden Stimmumfängen erklären.

4. der Ergebnisse im allgemeinen

Im Vergleich der Sopran- mit den Altstimmen konnten wir bezüglich durchschnittlichen Umfängen nur geringe Unterschiede finden, die sich im Bereich von Bruchteilen von Halbtönen befanden. Im Brust-, Mittel- und Kopfreister betrug die Unterschiede jeweils nur 0,3, 0,9 und 0,8 Halbtöne. Dabei hatten im Brustregister die Altstimmen und im Mittel- und Kopfreister die Sopranstimmen die etwas größeren Umfänge.

Mehr unterschieden sich dagegen die einzelnen Register innerhalb einer Stimmgattung. Es fielen besonders die umfangmäßig starken Brustregister der Altstimmen auf, die sogar um 2,8 Halbtöne größer als die Mittelregister und um 2,4 Halbtöne größer als die Kopfstimme waren (s. S. 11, 12, 23 H).

Diese Tendenz wiederholte sich in Bezug auf die Dynamik. Auch hier überzeugten die Altstimmen mit starken Brust- aber auch Mittelregistern, die um 0,5 bzw. 3,4 dB stärker als die jeweiligen Register im Sopran waren und um 5,4 bzw. 4,1 dB stärker als ihre Kopfreister. Im Verhältnis zu diesen durchschnittlich kleinen Kopfstimmen des Alt fielen die hier um 2,6 dB größeren Kopfstimmen des Soprans auf.

Die starke Dynamik des Alt im Brust- und Mittelregister spiegelte sich auch in der ansteigenden Häufigkeit der Altstimmen zu größeren Dynamikwerten hin wieder. Die Masse der Altstimmen, nämlich 58,8 %, hatten Spitzenwerte zwischen 35 und 45 dB, während nur wenige, nämlich weniger als 1/5, niedrige Dynamikwerte zwischen 25 und 30 dB hatten. Dasselbe traf für die Mittelregister zu. Auch hier hatte die Masse der Altstimmen, sogar 64,6 %, eine große Dynamik zwischen 35 und 45 dB, während nur 5,9 %, also fast nur 1/20 aller Altstimmen, minimale Dynamikwerte zwischen 15 und 20 dB aufwiesen (s. S. 14, 15, 23 F).

Bei den Anstiegswerten fielen in beiden Stimmgattungen die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Registern auf. Im Sopran war die Steigung der großen Ellipsenachsen des Brustregisters um 5,4 dB/Halbton größer als die des Mittelregisters, und sie wiederum um 5,9 dB/Halbton größer als die des Kopfreisters. Im Alt betrugen die entsprechenden Unterschiede 2,2 und 9,1 dB. Außerdem hatten die Altstimmen hier ausnahmsweise nicht nur im Brust- und Mittelregister, sondern auch im Kopfreister die größeren Werte als die Sopranstimmen (s. S. 17, 18, 23 G).

Im allgemeinen ist also - gewissermaßen als roter Faden durch oben genannte Versuchsergebnisse - festzustellen, daß die Altstimmen zu starken Brust- und Mittelregistern tendieren im Verhältnis zu dort schwächeren Sopranstimmen: Das trifft für maximale Dynamik, Umfänge und Anstiegswerte der einzelnen Register zu. Dagegen haben die Sopranstimmen ihre Stärke im allgemeinen im Kopfreister. Das gilt zwar für Umfänge und maximale Dynamik, nicht aber für die Anstiegswerte (s.o.). Hier zeigen auch im Kopfreister

die Altstimmen größere Werte als die Sopranstimmen. Es zeigte sich also, daß tiefe Stimmen ihre Stärke im tiefen Stimmbereich haben, während hohe Stimmen mehr Kraft in den hohen Stimmbereichen haben.

Bezugnehmend auf die Hypothese von Klingholz und Martin, daß die Höhe des Anstieges im Brustregister mit einer verstärkten Aktivität des Musculus vocalis korreliert, würde der größere Anstieg auch im Kopfre-gister der Altstimmen wie folgt interpretiert werden können:

Der Musculus vocalis ist nicht nur für einen verstärkten Anstieg im Brustregister vor allem der Altstimmen, sondern auch gerade beim Alt für einen verstärkten Anstieg im Mittel- und Kopfre-gister verant-wortlich: hier allerdings in verstärkter Interaktion mit dem musculus cricothyreoideus (7,8,17,18,19,21,28,29,48).

Zum Beweis dieser Theorien über die muskulären Mecha-nismen in den einzelnen Registern würden elektromyo-graphische Untersuchungen an den einzelnen Muskeln herangezogen werden müssen. Interessant wäre in die-sem Zusammenhang auch die Rolle des "Hilfsmuskels" musculus cricothyreoideus im Zusammenspiel mit dem musculus vocalis im Mittelregister.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem das Stimmfeld als schnell und einfach durchzuführendes Untersuchungsverfahren zur Bestimmung von Tonhöhen- und Dynamikumfang der Stimme schon seit 1948 lediglich qualitativ und verbal beschrieben worden war, werteten es Klingholz und Martin 1983 erstmals quantitativ aus. Durch die erhaltenen Frequenz- und Dynamikwerte wurden in einem Näherungsverfahren Ellipsen gelegt, die den einzelnen Registern zugeordnet wurden. - Dieses Verfahren wurde in vorliegender Arbeit auf vierzig trainierte jugendliche Stimmen aus dem Tölzer Knabenchor angewendet.

Es standen somit folgende Parameter zur quantitativen Auswertung zur Verfügung:

Max. Dynamik (in dB), Umfänge (in Halbtönen), Anstiege der großen Ellipsenhauptachsen (in dB/Halbtönen) und Registerbruchstellen (in Hertz) zwischen erstem und zweitem und zweitem und drittem Register. Wir erhielten Ergebnisse, die zum Teil stark von in der Literatur beschriebenen Werten abwichen:

Im Vergleich mit einer umfassenden Untersuchung über Stimmumfänge 5.000 untrainierter Kinderstimmen waren die Umfänge der von uns untersuchten etwa gleichaltrigen Sänger um 5 Töne im Sopran und um 6,5 Töne im Alt größer.

Auch im Vergleich mit gleichartigen Probanden, den Regensburgsburger Domspatzen, ergaben sich stark unterschiedliche Werte: Die dort 1938 gefundenen Registerbruchstellen lagen um einige Töne über den von uns erhaltenen Ergebnissen.

Zusammenfassend ist als gemeinsame Tendenz aller Versuchsergebnisse bezüglich der untersuchten Parameter Dynamik, Umfang, Anstieg der Ellipsen folgendes festzustellen:

Die tiefen, also Altstimmen, waren besonders leistungsfähig im tiefen Stimmbereich des Brust- und teilweise auch des Mittelregisters, während die hohen Stimmen ihre Stärke vor allem im hohen Stimmbereich, d.h. im Kopfreister hatten.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- (1) Berg van den J.
Vocal Ligaments versus registers
The Nats Bulletin (1963) 16 - 21, 31
- (2) Berg van den J.
Register problems
Am.NY.Acad.Ser. 155: 129 - 134 (1968)
- (3) Bloothoof G.
A Computer controlled device for voice-profile
registration
Amsterdam, The Netheerlands (1981)
- (4) Calvet J.
Congrès Paris 1950
Bull. soc. fr. Phoniatr. (1950)
- (5) Calvet J., Malhiac
Courbes vocales et mue de la voix
J.fr. oto-rhino-lar Lyon 1 (1952)
- (6) Damsté P.H.
The phonetogram
Practica oto-rhino-lar. 32: 185 - 187 (1970)
- (7) Deinse van J.B.
Registers
Phoniatic Department, Hospital Westeinde, The Hagne
Folia phoniatic. 33. 37 - 50 (1981)
- (8) Faaborg K.-Andersen
Electromyographic investigation of intrinsic
laryngeal muscles in humans
Acta physiologica scandinavica
Volume 41. Supplementum 140 (1957)

- (9) Frank F. und M. Sparber
Stimmumfänge bei Kindern aus neuer Sicht
Folia phoniat. 22: 397 - 402 (1970)
- (10) Garcia Manuel
Beobachtungen über die menschliche Stimme
Philos.Mag. and J. of science (fourthser.)
Monatsschr. f. Ohrenheilk. (1878)
- (11) Giger H.L., E. Lang
Die Bedeutung der Stimmfeldmessung in der
phoniatrischen Praxis (1984)
Voice care Symposia, voice Foundation,
New York (1984)
- (12) Gross M.
Stimmfeldmessung, eine objektivere Methode der
Stimmdiagnostik
Sprache-Stimme-Gehör 4 (1980) 100 -
- (13) Gross M.
Die Stimmfeldmessung, eine Untersuchungsmethode für
die HNO-ärztliche Praxis
Laryng. Rhinol. 60 (1981) 36 - 38
- (14) Hell Fr. J.
Physiologische und musikalische Untersuchungen über
die Singstimme der Kinder
Arch. f. Sprach- und Stimmheilk. 2, 65 - 102 (1938)
- (15) Heinemann M., H. Gabriel
Möglichkeiten und Grenzen der Stimmfeldmessung
- Vorstellung des Heiserkeitsfeldes als Ergänzung der
Methode
Sprache-Stimme-Gehör 6 (1982) 37 - 42
- (16) Hirano M.
Disorders of human communications
Clinical Examination of voice
Springer Verlag (1981)

- (17) Hirano M., J. Ohala, W. Vennard
The function of laryngeal muscles in regulating
fundamental frequency and intensity in phonation
Journal of speech and hearing research 12, 116 - 128
(1969)
- (18) Hirano M., W. Vennard, J. Ohala
Regulation of register, pitch and intensity of voice.
An electromyographic investigation of intrinsic
laryngeal muscles
Folia phoniatic. 22 (1970) 1 - 20
- (19) Hollien H.
On vocal registers
Journal of Phonetics (1974) 125 - 143
- (20) Katzenstein J.
Über Brust-, Mittel- und Falsettstimme
Passow-Schaefer Beitr. prakt. theoret. Hals-Nasen-
und Ohrenheilk. 4 - 271 - 301 (1911)
- (21) Klingholz F., F. Martin
Die quantitative Auswertung der Stimmfeldmessung
Sprache-Stimme-Gehör 7 (1983)
- (22) Klingholz F., F. Martin, A. Jolk
Die Bestimmung der Registerbrüche aus dem Stimmfeld
Sprache-Stimme-Gehör (im Druck)
- (23) Komiyama S., Hiroshi W., Seiichi Ryn
Phonographic Relationship between Pitch and Intensity
of the Human Voice
Folia phoniatic. 36: 1 - 7 (1984)
- (24) Komiyama S., Kawata S., Suwohya H., Buma S.
The relationship between vocal pitch and intensity.
Japan J. Logoped. Phoniatic. 9: 8 - 9 (1968)
- (25) Large J.
Acoustic Study of Register Equalizing in Singing
Folia phoniatic. 25: 39 - 61 (1973)

- (26) Large J.
Towards an integrated physiologic acoustic theory
of vocal registers
The Nats Bulletin XIII 18 - 36 (1972)
- (27) Large J. and Shipp Th.
The effect of certain parameters on the perception
of vocal registers
Nats Bulletin: 40 - 42 (1969)
- (28) Luchsinger T.
Physiologie der Stimme
Folia phoniatic. 5: 58 - 127 (1953)
- (29) Luchsinger T. und Arnold G.E.
Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde, 2. Aufl.
(Springer, Wien 1959)
- (30) Merkel C.L.
Antropophonetik
Leipzig (1857)
- (31) Nagel W.
Physiologie der Stimmwerkzeuge in:
Nagels Handbuch der Physiologie des Menschen, Band 4,
Braunschweig (1904)
- (32) Nadoleczny M.
Physiologie der Stimme und Sprache
Handbuch der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Bd I Kap. 4
Springer und Bergmann, Berlin, München (1925)
- (33) Rauhut A., E. Stürzebecher, H. Wagner, W. Seidner
Messung des Stimmfeldes
Folia phoniatic., Basel 31, 119 - 124 (1979)
- (34) Scheidemantel K.
Gesangsausbildung
Leipzig, Breitkopf und Härtel (1913)
- (35) Schulz-Coulon H.J.
Die Diagnostik der gestörten Stimmfunktion
Arch. of oto-rhinolaryngo. 227, 1 - 169 (1980)

- (36) Schutte H.K.
Over Het Fonetogram
Tijdschr. log. Fon. 47: 82 - 92 (1975)
- (37) Schutte H.K.
Untersuchungen von Stimmqualitäten durch Phonetographie
Groningen, Niederlande (1980)
- (38) Seidner W., H.K. Schutte
Empfehlung der UEP: Standardisierung der Stimmfeldmessung/Phonetographie
HNO-Praxis, Leipzig 7, 305 - 307 (1982)
- (39) Seidner W., J. Wendler, H. Wagner, A. Rauhut
Spektrales Stimmfeld
HNO-Praxis, Leipzig 6, 187 - 191 (1981)
- (40) Sokolowsky R.
Analytisches zur Registerfrage
Passows Beitr. 6: 75 - 91 (1912)
- (41) Sonninen A.
The role of the external laryngeal muscles in length-adjustment of the vocal cords in singing
Acta oto-Laryng. suppl. 130 (1956)
- (42) Sonninen A. and J. Leghtonen
Potential Voice Field Measurement Method
Jyväskylä, Finland (1981)
- (43) Stockhausen J.
Gesangsmethode
Leipzig, Peters Nr. 2190
- (44) Stürzebecher E., E.H. Wagner, R. Becker, A. Rauhut, W. Seidner
Einrichtung zur simultanen Registrierung von Stimmfeld und hohem Sängerformant
HNO-Praxis 7, 223 - 226 (1982)

- (45) Trendelenburg W. .
Untersuchungen zur Kenntnis der Registerbruchstellen
beim Gesang, II. Mitteilung
Sitzungsberichte der Preuß. Akad. d. Wiss. 188 - 226
(1938)
- (46) Vogelsanger G.T.
Experimentelle Prüfung der Stimmleistung beim Singen
Folia phoniatic. 6, 193 - 227 (1954)
- (47) Waar C.H., P.H. Damsté
Het fonetogram
Tijdschr. Log. Fon. 40: 198 - 201 (1968)
- (48) Wendler J., W. Seidner
Lehrbuch der Phoniatrie
VEB Georg Thieme, Leipzig (1977)

Meinem verehrten Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. F. Martin sei hiermit herzlich gedankt für die Überlassung des Themas und die Förderung, die er meiner Arbeit in jeder Hinsicht hat zukommen lassen.

Auch danke ich Herrn Prof. Dr. med. Ernst Kastenbauer als dem Direktor der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke der Universität München für den Arbeitsplatz, den er mir in seiner Klinik zur Verfügung gestellt hat.

Herrn Prof. G. Schmidt-Gaden, dem Leiter des Tölzer Knabenchors, möchte ich ebenfalls für seine Unterstützung, die diese Arbeit ermöglichte, Dank sagen.

Zuletzt sei auch Herrn Priv.-Doz. Dr.med. Dr. rer.-nat. F. Klingholz herzlich für die Unterstützung meiner Arbeit gedankt.

Lebenslauf

Ich, Julia Rita Irmgard Holtmann, wurde als Tochter des Dr. Rudolf Holtmann, Arzt für Hals-, Nasen-, Ohrenkrankheiten, und seiner Frau Lilly, geborene Kadow in Osnabrück als zweites von zwei Kindern geboren.

Nach einem Umzug nach Bayern absolvierte ich innerhalb von vier Jahren die Volksschule in Stockdorf bei München und besuchte neun Jahre lang das Gymnasium Starnberg, wo ich 1975 die Reifeprüfung ablegte.

Danach studierte ich zuerst in Lausanne und dann am Sprachen- und Dolmetscherinstitut in München eineinhalb Jahre lang Sprachen.

1977 immatrikulierte ich mich als Medizinstudentin an der Universität Florenz in Italien und erhielt dann im Wintersemester 1980/81 einen Studienplatz für Zahnmedizin in München.

Nach zwei Semestern bestand ich das Vorphysikum und nach weiteren drei Semestern im April 1983 das Physikum.

